Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 27

XXXV Konferencja Naukowo - Techniczna

GDAŃSKIE DNI ELEKTRYKI' 2010
Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Gdański
Referat nr 9

DIAGNOSTYKA I MONITORING ODBIORU PRĄDU Z SIECI TRAKCYJNEJ

Zygmunt GIĘTKOWSKI[1], Sławomir JUDEK[2], Krzysztof KARWOWSKI[3], Mirosław MIZAN[4]

1. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. J. Sobieskiego 7, 80-216 Gdańsk, tel: 58 347 28 73, fax: 58 341 08 80, e-mail: z.gietkowski@ely.pg.gda.pl
2. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. J. Sobieskiego 7, 80-216 Gdańsk, tel: 58 347 11 68, fax: 58 341 08 80, e-mail: s.judek@ely.pg.gda.pl
3. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. J. Sobieskiego 7, 80-216 Gdańsk, tel: 58 347 11 58, fax: 58 341 08 80, e-mail: k.karwowski@ely.pg.gda.pl
4. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, tel: 58 347 15 02, fax: 58 347 18 02, e-mail: m.mizan@ely.pg.gda.pl

Streszczenie: W referacie przedstawiono metody diagnostyki i monitoringu trakcyjnych odbieraków prądu oraz sieci trakcyjnej. Sieć trakcyjna jest obecnie diagnozowana w kraju przy użyciu zintegrowanego systemu DST, składającego się z wagonów pomiarowych i lokalnych stanowisk do przetwarzania danych. Do badania charakterystyki statycznej pantografu wdrożono stanowisko terenowe ze specjalnym profilowaniem sieci, automatycznie mierzące siłę nacisku podczas przejazdu lokomotywy przez testowy odcinek toru. Metoda badania stanu zawieszenia ślizgacza odbieraka opiera się na analizie harmonicznej wzbudzonych udarowo drgań odbieraka i sieci. Opisano także badawcze stanowisko diagnostyki wizyjnej pantografu, służące do pomiaru czasu jego podnoszenia, opuszczania oraz czasu odłączania się styku ślizgacza. Układ monitoringu odbieraków prądu pozwala wykryć ich niesprawność w warunkach ruchowych na linii kolejowej. Ocenę stanu technicznego odbieraka oparto na analizie uniesienia dynamicznego przewodów sieci jezdnej w przy przejściu odbieraka pojazdu przez punkt pomiarowy.

Słowa kluczowe: odbierak prądu, sieć trakcyjna, diagnostyka techniczna.

1. WSTĘP

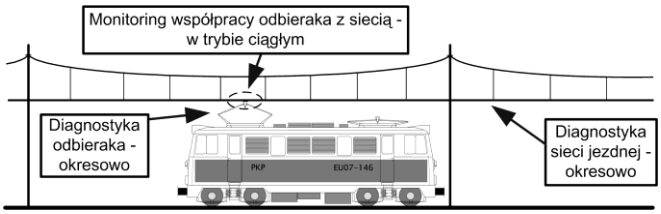
Diagnostyka techniczna jest dynamicznie rozwijającą się dziedziną, której wykorzystanie w systemach transportowych prowadzi do zmniejszenia kosztów, podniesienia niezawodności i bezpieczeństwa eksploatacji. W transporcie szynowym, dla jego prawidłowego działania, konieczne jest utrzymanie we właściwym stanie technicznym zarówno infrastruktury, jak i taboru. Kluczowe znaczenie techniczne – z punktu widzenia niezawodności eksploatacyjnej – ma układ odbioru prądu z sieci jezdnej przez poruszające się pojazdy [1, 2]. Wysoka jakość odbioru prądu zależy od ciągłości styku pomiędzy odbierakiem i siecią jezdną. Jakość ta zależy m.in. od prawidłowej regulacji zarówno sieci jezdnej, jak i odbieraka prądu. Rozregulowana sieć jezdna może powodować: wzrost oscylacji przewodu, miejscowe zwiększenie zużycia przewodu jezdnego, a w skrajnych przypadkach – zniszczenie odbieraka. Odbierak pojazdu, przy zbyt małym nacisku na sieć jezdną, może prowadzić do powstawania przerw stykowych, natomiast przy zbyt dużym – do nadmiernego wypierania sieci jezdnej, a w konsekwencji do ryzyka uszkodzeń mechanicznych i szybszego zużycia nakładek stykowych. Zwiększanie prędkości pociągów podwyższa wymagania odnośnie prawidłowej współpracy odbieraków prądu z siecią trakcyjną, np. powiększają się oscylacje przewodów i odbierak prądu nie może zapewnić właściwego kontaktu z siecią jezdną. W celu ograniczenia tych niekorzystnych zjawisk, wprowadzane są nowe konstrukcje sieci jezdnej i odbieraków prądu, umożliwiające zwiększanie prędkości pojazdów. Diagnostyka techniczna przyczynia się do poprawy bieżącego utrzymania sieci trakcyjnej i odbieraków prądu. Oprócz problemów ściśle technicznych mamy tu również do czynienia z dwoma podsystemami eksploatacyjnymi: siecią trakcyjną, będącą w gestii zarządu infrastruktury (Polskich Linii Kolejowych) i pojazdami eksploatowanymi przez różnych operatorów. Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu Politechniki Gdańskiej w ramach trwającej od kilkudziesięciu lat współpracy z PKP aktywnie uczestniczy w działaniach zmierzających do stworzenia kompleksowego struktury diagnostyki systemu odbioru prądu.

Pierwszym elementem tego systemu był utworzony w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku system Diagnostyki Sieci Jezdnej (DST), składający się z mobilnych wagonów pomiarowych oraz sieci stacjonarnych stanowisk do przetwarzania i analizy wyników [3, 4]. System DST jest bardzo intensywnie eksploatowany i stale modernizowany. Kolejnym elementem systemu było powstałe w 2007 roku w Gdyni terenowe stanowisko pomiarowe do diagnostyki technicznej odbieraków prądu [5, 6].

W przypadku obydwu przytoczonych podsystemów badania diagnostyczne są przeprowadzane okresowo. Jednak w praktyce eksploatacyjnej stany rozregulowania czy wręcz uszkodzenia odbieraków prądu, zagrażające ich poprawnej współpracy z siecią jezdną, powstają zazwyczaj już po wyjeździe pojazdu z lokomotywowni. Niezbędne jest zatem kontrolowanie stanu technicznego odbieraków w trakcie przejazdu pojazdów w wybranych miejscach linii kolejowej o dużym natężeniu ruchu. W związku z tym, w ramach ba-

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Jakubiuk – Wydział Elektrotechniki i Automatyki Politechnika Gdańska

dań naukowych, utworzony został eksperymentalny układ monitoringu dynamicznego oddziaływania odbieraka prądu na sieć trakcyjną [7, 8]. W roku 2008 przeprowadzono przez kilka miesięcy badania pilotażowe w warunkach terenowych, które potwierdziły przydatność układu do bieżącej ciągłej kontroli odbieraków na linii kolejowej [7, 9]. Obecnie trwają prace nad wdrożeniem stanowiska monitoringu na sieci kolejowej PLK. Stan diagnostyki systemu odbioru prądu na sieci PKP (po tym wdrożeniu) przedstawiono schematycznie na rysunku 1.



Rys. 1. Stan diagnostyki systemu odbioru prądu

Ponadto w ubiegłych latach prowadzone były przez Katedrę liczne prace naukowo-badawcze i eksperymentalne w zakresie diagnostyki trakcyjnych odbieraków prądu [10], w szczególności dotyczące kontroli zawieszenia ślizgacza [11] oraz pomiaru wybranych parametrów czasowych: czasu podnoszenia, czasu opuszczania oraz czasu odłączenia się styku ślizgacza w oparciu o analizę obrazu z kamery [12].

2. DIAGNOSTYKA SIECI TRAKCYJNEJ

Sieć trakcyjna nie posiada rezerwy i dlatego wysokie wymagania co do jakości i niezawodności jej funkcjonowania nabierają znaczenia strategicznego. Zdecydowana większość zarządów kolejowych diagnostykę tę opiera na wyspecjalizowanych wagonach pomiarowych, wyposażonych w różnego rodzaju systemy diagnostyczne. Te ostatnie są efektem dostępności odnośnej techniki pomiarowej w okresie ich powstawania [2, 3, 13]. Proces diagnostyczny, realizowany przez tego typu system, jest zwykle dwuetapowy. Na etapie pierwszym następuje zbieranie i archiwizacja danych pomiarowych, zaś na etapie drugim dane te są przetwarzane, przeprowadzana jest analiza wyników i ocena stanu technicznego sieci. W roku 1994 opracowano dla PKP system diagnostyczny DST; dwa egzemplarze tego systemu zainstalowano na specjalnie przystosowanych do tego celu wagonach.

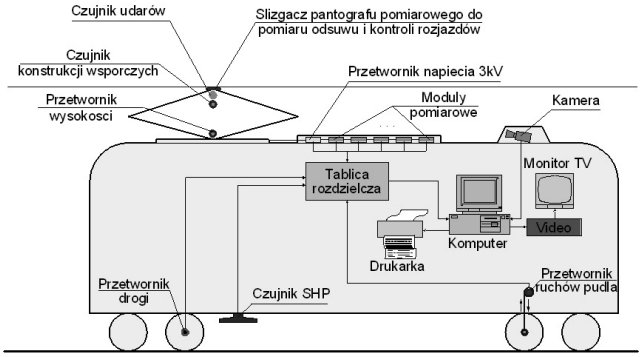
System DST służy do realizacji diagnostyki dynamicznej, tzn. uwzględniającej współpracę odbieraka prądu i sieci trakcyjnej w warunkach eksploatacyjnych. Można go również wykorzystać do badań statycznych, dotyczących pomiarów geometrii swobodnie wiszącej sieci. Przeprowadza się je np. przy odbiorze nowo zbudowanej lub remontowanej sieci. System zebrał pozytywne opinie użytkowników i jest intensywnie eksploatowany. Dlatego też w następnych latach – dla zwiększenia efektywności wykorzystania wagonów – powstał szereg stacjonarnych stanowisk do przetwarzania danych. W 1999 roku przekazano do eksploatacji trzeci wagon diagnostyczny, wyposażony w nowszą wersję systemu, zaś w roku 2001, w ramach modernizacji jednego z pierwszych wagonów, powstała najnowsza wersja systemu oznaczona DST2000. W systemie tym, podczas przejazdu diagnostycznego, realizowane są równocześnie pomiary:

- odsuwu sieci jezdnej (zygzakowania),
- wysokości zawieszenia sieci jezdnej,
- napięcia sieci trakcyjnej,
- drogi (położenia) i prędkości wagonu,
- ruchów pudła wagonu – w celu kompensacji ich wpływu na pomiar odsuwu i wysokości.

Ponadto wykrywane są:

- niewłaściwie wyregulowane rozjazdy sieciowe,
- udary mechaniczne odbieraka prądowego,
- przerwy styku odbieraka prądu z siecią jezdną – wraz z pomiarem ich czasu,
- konstrukcje wsporcze (punkty podwieszenia sieci),
- rezonatory torowe SHP.

Na rysunku 2 przedstawiono architekturę zabudowy systemu w wagonie diagnostycznym oraz rozmieszczenie czujników i podzespołów systemu.



Rys. 2. Architektura systemu w wagonie diagnostycznym

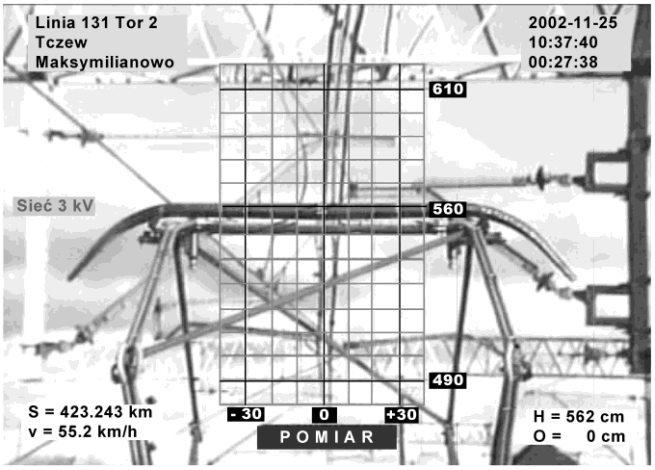
Zastosowanie stanowisk stacjonarnych do przetwarzania danych pomiarowych niewątpliwie spowodowało zwiększenie efektywności wykorzystania wagonów diagnostycznych. Aktualnie stanowiska takie posiada zdecydowana większość sekcji Spółki PKP Energetyka i dlatego też podstawowym zadaniem wagonów diagnostycznych w chwili obecnej jest zbieranie danych pomiarowych. Sieć terenowych stanowisk stacjonarnych umożliwia służbom eksploatacyjnym samodzielną, i przez to absolutnie wiarygodną, ocenę stanu zdiagnozowanego odcinka sieci. Ponadto, stanowiska stacjonarne – umieszczone w placówkach terenowych – umożliwiają wykonawczym służbom eksploatacyjnym bezpośrednie zapoznanie się z zarejestrowanym stanem technicznym „swojej sieci", zaś personelowi nadzorującemu ułatwiają wydawanie i egzekucje swych poleceń. Możliwość systematycznej archiwizacji wyników stwarza podstawy bieżącej kontroli stanu utrzymania sieci oraz racjonalnego planowania remontów.

Dane pomiarowe z podsystemu komputerowego (pliki) mogą być przenoszone za pośrednictwem dyskietek, płyt CD/DVD oraz pamięci USB. Dane z podsystemu wizyjnego (na wagonie diagnostycznym) zapisywane są na płytach DVD i w takiej postaci przekazywane są na stanowiska stacjonarne. Na nośnikach danych z podsystemu wizyjnego, na rzeczywisty obraz współpracy odbieraka pomiarowego z siecią jezdną (z kamery) naniesione są tekstowo (przez komputer wagonu) informacje, dotyczące: czasu pomiarów, trasy przejazdu, aktualnej lokalizacji na trasie, prędkości oraz zmierzone wartości odsuwu i wysokości zawieszenia sieci jezdnej (rys. 3). Ocenę wzrokową ułatwia także, naniesiona w tle, siatka rastrowa z pogrubionymi liniami, wyznaczającymi granice dopuszczalnego położenia styku odbieraka z siecią jezdną. Pozwala to na obserwację współpracy dynamicznej odbieraka prądu z siecią jezdną oraz na obejrzenie jej szczegółów konstrukcyjnych.

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy obraz wyników w postaci wykresów przebiegu wysokości zawieszenia

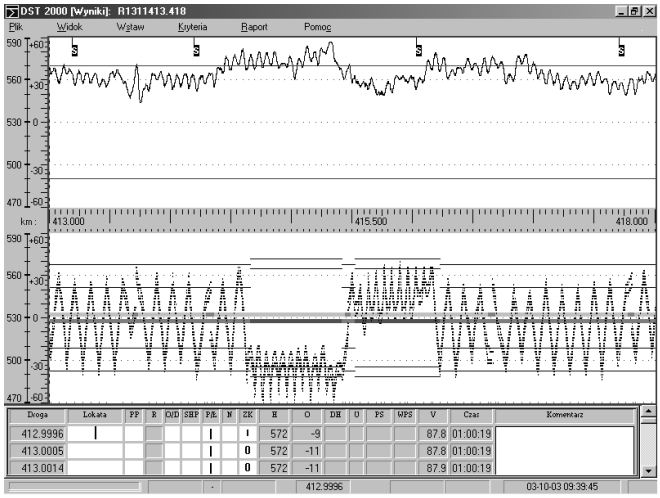
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

(u góry) i odsuwu poziomego (u dołu) przewodów jezdnych w funkcji drogi. Dodatkowe linie wartości normatywnych pozwalają łatwo zauważyć niewłaściwą regulację sieci. Ponieważ wartości normatywne odsuwu są różne dla odcinków toru na łuku i na prostej, program wykrywa profil toru i odpowiednio dostosowuje graniczne linie normatywne. Wykrywane są również obszary przęseł naprężenia sieci – strefy te są oznaczane odpowiednimi kolorami na paskach pośrodku dolnego okna graficznego.



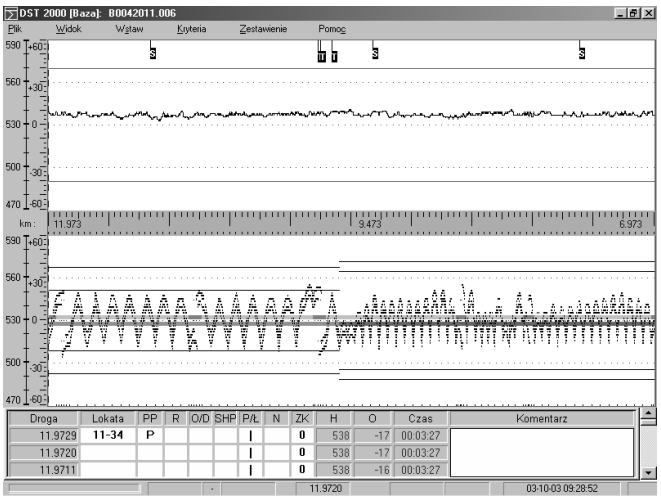
Rys. 3. Ekspozycja wyników z podsystemu wizyjnego

Na rysunku 4 widać nadmierną wysokość zawieszenia i przekroczenie dopuszczalnego odsuwu na odcinku łuku toru – w pierwszej części w pobliżu środka wykresu. Program prócz tego wyświetla dokładne wartości wyników tekstowo w formie tabelarycznej – u dołu ekranu. Zarówno tekstową jak i graficzną formę prezentacji można wydrukować jako raport z przejazdu diagnostycznego. Wyniki zebrane w trakcie wieloletniej eksploatacji systemu są reprezentatywnym katalogiem usterek występujących na sieci PKP [14, 15]. Stanowią one dowód na to, że stan sieci, mający wpływ na efektywność i bezpieczeństwo przewozów kolejowych, można wiarygodnie kontrolować bez konieczności wyłączania odcinków linii z ruchu.

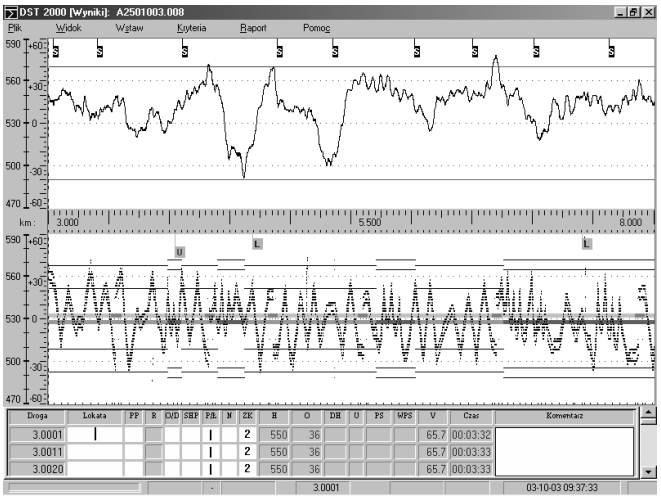


Rys. 4. Ekspozycja wyników z podsystemu komputerowego dla wybranego 5-cio km odcinka magistrali węglowej

Na zestawie rysunków 4-6 przedstawiono wyniki dla wybranych odcinków linii kolejowych o różnych parametrach. Na rysunku 5 zobrazowano linię o dużej prędkości ruchu, zaś na rysunku 6 linię z dużą liczbą wiaduktów i przystanków.



Rys. 5. Ekspozycja wyników dla wybranego 5-cio km odcinka linii CMK



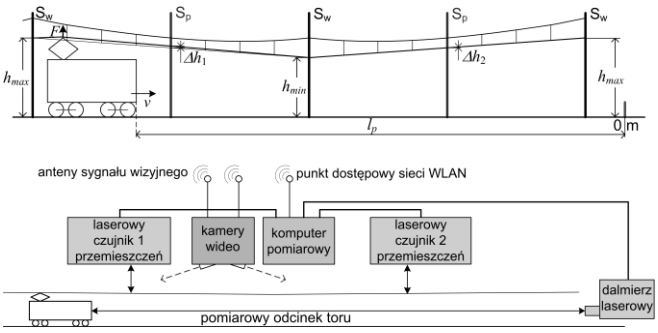
Rys. 6. Ekspozycja wyników dla wybranego 5-cio km odcinka linii SKM

3. DIAGNOSTYKA ODBIERAKÓW PRĄDU

Jednym z głównych parametrów decydujących o jakości współpracy odbieraka prądu z siecią jezdną jest nacisk odbieraka na sieć [1, 2, 16]. Zbyt mały nacisk odbieraka na sieć prowadzi do powstawania przerw stykowych, natomiast zbyt duży – do nadmiernego wypierania sieci jezdnej, a w konsekwencji do ryzyka uszkodzeń mechanicznych i nadmiernego zużycia nakładek stykowych. Siła nacisku F musi mieć określoną normami wartość w całym roboczym zakresie wysokości uniesienia odbieraka. Stosowane dotychczas ręczne metody pomiaru, przy wykorzystaniu odpowiednich przyrządów pomiarowych rejestrujących wysokość uniesienia ślizgacza i siłę docisku, są czasochłonne i wymagają wprowadzenia lokomotywy do hali. Zbudowano zatem terenowe stanowisko, pozwalające wyznaczyć charakterystykę statyczną odbieraka podczas przejazdu lokomotywy przez specjalnie wyprofilowane w osi pionowej przęsło sieci jezdnej, wyposażone w zestaw czujników pomiarowych. Wykorzystano zależność mierzonego uniesienia przewodu jezdnego od siły nacisku odbieraka. Duża zmiana wysokości zawieszenia przewodu jezdnego na słupach wsporczych S_w wymusza ugięcie odbieraka w całym roboczym zakresie

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

zmian wysokości od h_{min} do h_{max}, uzyskuje się zatem zależność wyznaczanej siły nacisku odbieraka na sieć od jego wysokości uniesienia. Wyprofilowanie sieci w dwóch pionowych kierunkach pozwala na wyznaczenie różnicy pomiędzy siłami nacisku przy obniżaniu i unoszeniu odbieraka, a więc siły tarcia w przegubach mechanizmu odbieraka. Dla określenia chwilowej wysokości styku odbieraka z siecią mierzona jest także odległość lokomotywy od stałego punktu odniesienia. Przedstawioną wyżej zasadę oraz rozmieszczenie elementów stanowiska ilustruje rysunek 7. Lokomotywa porusza się z niewielką prędkością v. W sposób ciągły mierzone są wartości uniesienia przewodu jezdnego Δh_1 i Δh_2 na słupach pomiarowych S_p, oraz odległość l_p czoła kabiny od punktu odniesienia. Położenie odbieraka prądu – i w konsekwencji jego wysokość – obliczane jest z uwzględnieniem stałych parametrów rozmieszczenia elementów toru pomiarowego oraz typu lokomotywy i informacji o uniesionym odbieraku (przedni czy tylny) – te ostatnie dane są wprowadzane do komputera diagnostycznego przez obsługę stanowiska przed analizą wyników.



Rys. 7. Struktura i wyposażenie stanowiska pomiarowego (opis w tekście)

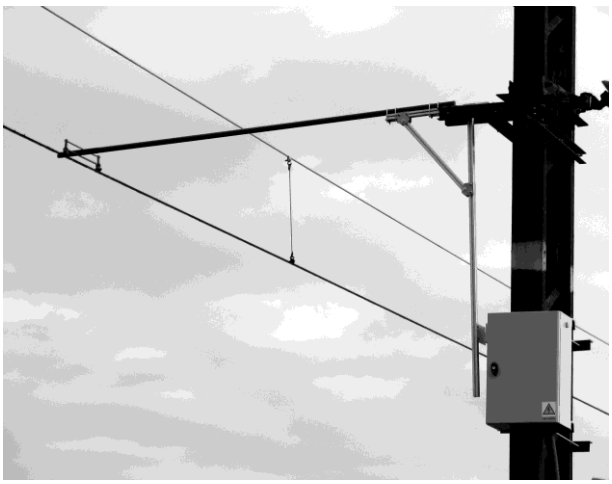
Związek wyznaczanej siły z wartością uniesienia przewodu może być opisany ogólną zależnością:

$$F = f(l,k) \cdot \Delta h, \tag{1}$$

gdzie: l – odległość pomiędzy odbierakiem prądu a punktem pomiarowym; k – współczynnik uwzględniający elastyczność sieci.

Ponieważ funkcja f ma charakter nieliniowy, jej tabelaryczna postać została wyznaczona eksperymentalnie w procesie skalowania układów pomiarowych i wprowadzona do programu analizy wyników.

Do pomiaru odległości od punktu odniesienia do czoła poruszającej się lokomotywy zastosowano laserowy miernik odległości i prędkości. Przemieszczenia pionowe przewodu jezdnego Δh, wywołane siłą nacisku odbieraka, są mierzone przy pomocy czujników laserowych o zasięgu 20 cm. Zmiana wysokości przewodu jezdnego przekazywana jest za pośrednictwem przekładni mechanicznej, składającej się z poziomego wysięgnika izolacyjnego i pionowego ramienia z tarczą odbijającą promień świetlny lasera. Przekładnię i sposób usytuowania szafy z czujnikiem przemieszczenia na słupie pomiarowym przedstawiono na rysunku 8.
Sygnały ze wszystkich czujników pomiarowych doprowadzone są do przytorowego komputera pomiarowego (rys. 9a) torami kablowymi. Ze względu na rozbudowany układ torowy lokomotywowni oraz dużą odległość do budynku, w którym znajduje się pomieszczenie z centralnym stanowiskiem diagnostycznym (rys. 9b), zastosowano bezprzewodową transmisję danych komputerowych.



Rys. 8. Układu pomiaru uniesienia przewodu jezdnego

Dodatkowe wyposażenie stanowiska w system wizyjny, składający się z dwóch kamer, przesyłających sygnał wizyjny drogą radiową do rejestratora i monitora TV na stanowisku centralnym, umożliwia zdalne sterowanie procesem pomiarowym. Na podstawie zarejestrowanego obrazu możliwa jest m.in. identyfikacja: typu i numeru lokomotywy, kierunku jazdy – kabiną A lub B, oraz podniesionego odbieraka.

a) b)

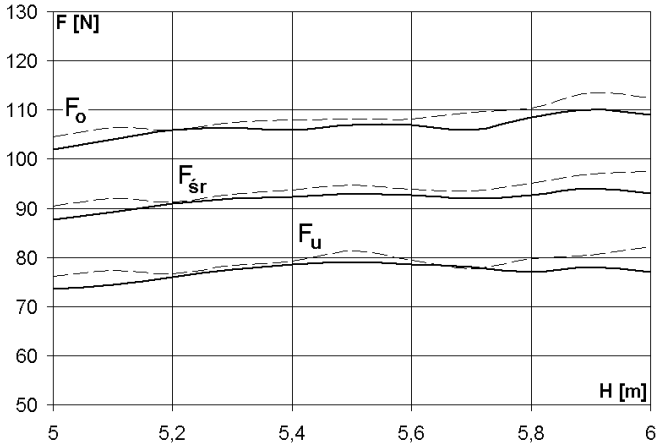
Rys. 9. Wyposażenie stanowiska: a) szafa z komputerem pomiarowym i interfejsami; b) centralne stanowisko diagnostyczne

Oprogramowanie komputera diagnostycznego umożliwia ekranową wizualizację wyników pomiarów oraz ich wydruki w postaci graficznej i tekstowej.

Ponieważ pomiar charakterystyki statycznej odbywa się tu metodą pośrednią, przy użyciu wyznaczonej empirycznie nieliniowej funkcji (1), przeprowadzono dla kilku lokomotyw porównanie uzyskanych wykresów z wynikami precyzyjnego pomiaru ręcznego. Na rysunku 10 przedstawiono przykładowe zestawienie porównawcze charakterystyk dla wybranej lokomotywy; obejmuje ono wykresy siły nacisku przy wznoszeniu się odbieraka F_u, przy jego obniżaniu F_o oraz ich wartość średnią $F_{śr}$; krzywe poprowadzone grubszą linią ciągłą pochodzą z pomiaru ręcznego, linie cieńsze przerywane obrazują wyniki pomiaru przy użyciu stanowiska diagnostycznego. Rozbieżności wyników z obydwu metod pomiarowych nie przekraczają kilku niutonów i występują głównie dla wysokości uniesienia odbieraka po-

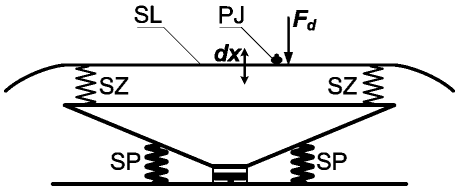
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wyżej 5,8 m, co jest wysokością stosunkowo rzadko spotykaną na sieci. Można zatem stwierdzić, że stanowisko pozwala bez dużego nakładu czasu wykryć ewidentnie niesprawne lub źle wyregulowane odbieraki przed wyjazdem lokomotywy na szlak, co przyczynia się do zwiększenia efektywności i poziomu bezpieczeństwa przewozów.



Rys. 10. Przykładowe charakterystyki statyczne rzeczywistego odbieraka wyznaczone przy pomocy stanowiska pomiarowego (linie przerywane) oraz zmierzone ręcznie przy pomocy dynamometru (lnie ciągłe), gdzie F_o, F_u – siła nacisku odbieraka odpowiednio przy zmniejszaniu i zwiększaniu się wysokości, $F_{śr}$ – wartość średnia, H – wysokość uniesienia odbieraka

Ważnym węzłem konstrukcyjnym odbieraka, mającym zasadniczy wpływ na jego poprawną współpracę dynamiczną z siecią, zwłaszcza przy dużych prędkościach jazdy, jest układ zawieszenia ślizgacza. Poglądowo działanie węzła zawieszenia ślizgacza odbieraka prądu wyjaśnia rysunek 11.



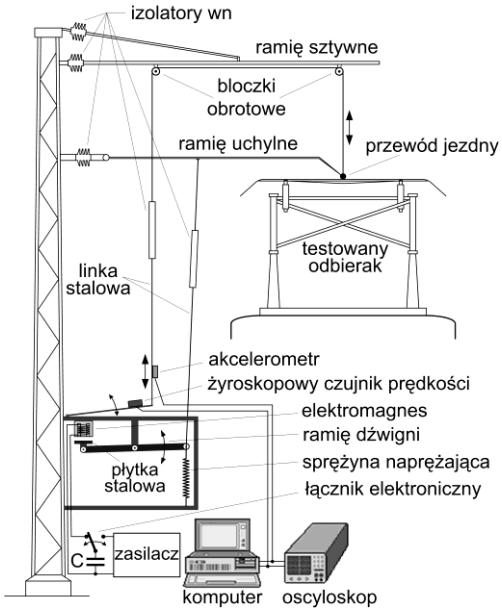
Rys. 11. Dynamiczna współpraca sieci z odbierakiem prądu, gdzie: F_d – dynamiczna siła stykowa, dx – przemieszczenie ślizgacza, SL – ślizgacz, PJ – przewód jezdny sieci trakcyjnej, SZ – sprężyny zawieszenia ślizgacza, SP – sprężyny unoszące odbierak

Dynamiczna siła stykowa F_d, zmieniająca się okresowo w wyniku ruchu pojazdu lub występująca czasem w postaci udarowej, powoduje – dzięki ugięciu sprężyn zawieszenia – przemieszczanie się pionowe ślizgacza. Tym samym zapewniona jest trajektoria ruchu punktu styku bez odskoków ślizgacza od przewodów jezdnych. Poprawnie działający układ zawieszenia ślizgacza łagodzi również dynamiczne oddziaływanie odbieraka na sieć jezdną. Uszkodzenie sprężyn zawieszenia lub zatarcie przegubów może spowodować udary w punktach zawieszenia sieci jezdnej i jej uszkodzenie lub też poważne uszkodzenie samego odbieraka, co w konsekwencji może prowadzić do zaburzeń w ruchu pojazdów. Parametrem oceny sprawności węzła zawieszenia jest tzw. statyczna elastyczność zawieszenia – ugięcie dx pod wpływem określonej siły F, czyli wartość dx/F wyrażona w [mm/N]. Pomiar tego parametru w eksploatacji jest kłopotliwy i często zaniedbywany.

Badania symulacyjne i laboratoryjne na modelach fizycznych sieci i odbieraka wykazały, że układ sieć-odbierak, pobudzony udarowo siłą zewnętrzną, reaguje drganiami o określonym przebiegu czasowym i charakterystycznym rozkładzie widmowym. Przebiegi te są zależne od parametrów układu, w szczególności od sprężystości elementów i siły tarcia, które determinują aktualny stan techniczny odbieraka. Analiza przebiegów wymuszonych drgań może więc posłużyć do celów diagnostycznych.

Do budowy stanowiska badawczego na terenie Zakładu Taboru PKP CARGO w Gdyni Grabówku wykorzystano odcinek sieci półskompensowanej, z jednym przewodem jezdnym, pomiędzy dwoma słupami wsporczymi, oraz dodatkowym słupem w połowie przęsła, niebędącym elementem konstrukcyjnym sieci jezdnej. Posłużył on do zainstalowania podzespołów układów: pomiarowego oraz pobudzającego drgania. Szkic konstrukcyjny stanowiska pokazany jest na rys. 12a, zaś jego widok w terenie na rys. 12b. Urządzenia do sterowania i rejestracji wyników umieszczono w budynku lokomotywowni.

a)



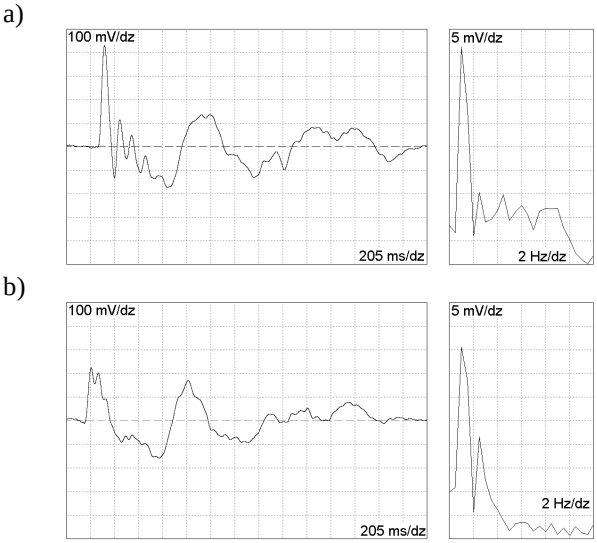
b)

Rys. 12. Eksperymentalne terenowe stanowisko do badania stanu zawieszenia ślizgacza: a) szkic konstrukcyjny, b) widok stanowiska

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W proponowanym tu rozwiązaniu istotny z eksploatacyjnego punktu widzenia jest fakt, że pomiar odbywa się bez konieczności wprowadzania pojazdu na specjalne stanowisko i wchodzenia personelu na dach pojazdu.

Badania, mające na celu weryfikację przyjętej metody diagnostycznej, przeprowadzono na rzeczywistym odbieraku typu AKP4E. Badano odbierak w pełni sprawny oraz odbierak z zablokowanym zawieszeniem ślizgacza, przeprowadzając kilka serii pomiarów. Do rejestracji drgań układu odbierak-sieć wykorzystano akcelerometr i żyroskopowy czujnik prędkości odpowiednio zainstalowane w układzie (rys. 12a). Zaobserwowano wyraźne różnice w wynikach przy odbieraku sprawnym i uszkodzonym dla obydwu stosowanych czujników – większe w przypadku czujnika żyroskopowego, który ponadto wykazywał znacznie większą odporność na sygnały zaburzeń. Przykładowe wyniki pomiarów prędkości drgań dla odbieraka sprawnego i uszkodzonego przy wykorzystaniu tego czujnika pokazano na rysunku 13.



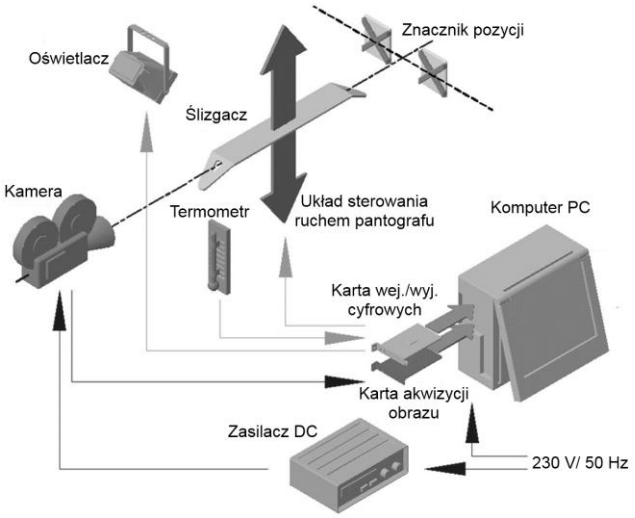
Rys. 13. Przebieg i rozkład widmowy sygnału prędkości drgań ślizgacza i sieci przy: a) poprawnie funkcjonującym zawieszeniu, b) zablokowanym mechanicznie zawieszeniu

Podstawę przyjęcia miarodajnego kryterium oceny zawieszenia ślizgacza daje zarówno analiza przebiegu uzyskanego sygnału, jak i jego rozkładu widmowego. Jako kryterium diagnostyczne można tu przyjąć stosunek wartości bezwzględnych dodatniego i ujemnego maksimum sygnału. Dla rozkładów widmowych takim kryterium może być stosunek amplitudy składowej podstawowej, związanej z częstotliwością drgań własnych sieci (ok. 1 Hz) do amplitudy składowej związanej z częstotliwością drgań własnych pantografu (ok. 2,5 Hz), jaka pojawia się zwłaszcza przy zablokowanym ślizgaczu, lub ewentualnie do amplitudy składowej drgań układu, związanych z zawieszeniem ślizgacza (ok. 9 Hz), która uwidacznia się tylko przy zawieszeniu sprawnym. Wysoka powtarzalność uzyskanych wyników pozwala wysnuć wniosek, iż badanie stanu węzła zawieszenia ślizgacza odbieraka prądu poprzez analizę wymuszonych drgań sieci, z którą ten odbierak współpracuje, jest możliwe w warunkach eksploatacyjnych.

Diagnostyka techniczna lokomotyw obejmuje swym zakresem także badanie napędu powietrznego pantografów. W dokumentach normatywnych, określających wymagania stawiane odbierakom prądu i metodykę ich badania, określa się, że ruch pionowy ślizgacza przy podnoszeniu i opuszczaniu za pomocą napędu powietrznego powinien odbywać się płynnie, bez zatrzymań i gwałtownych zmian prędkości, a jego dojście do przewodu i opadanie powinno się odbywać bez uderzeń. W celu umożliwienia wymiernej oceny stanu napędu odbieraków definiuje się miary parametrów czasowych i odpowiednie dla nich wartości graniczne dla znamionowej wartości ciśnienia sprężonego powietrza i temperatur powyżej -10ºC (dla niższych temperatur kryteria są inne):

- czas podnoszenia – w granicach od 6 do 12 s do najwyższej wysokości roboczej,
- czas opuszczania – w granicach od 5 do 10 s z najwyższej wysokości roboczej,
- czas odłączenia się styku ślizgacza – nie dłuższy niż 3 s na odległość 30 mm od przewodu jezdnego dla dowolnej wysokości podniesienia w zakresie roboczym.

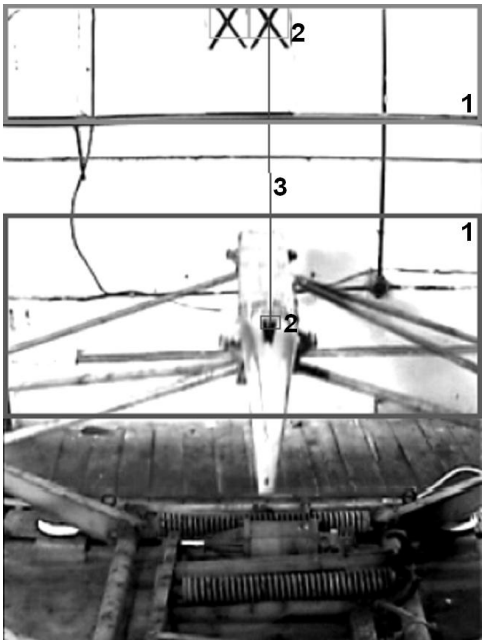
Diagnoza pod kątem tych parametrów odbywa się podczas przeglądów kontrolnych lokomotyw. Obecnie stosowane metody pomiarowe są mało dokładne i czasochłonne. W związku z tym podjęto próbę realizacji automatycznego stanowiska pomiarowego, opartego na metodzie wizyjnej, gwarantującego lepszą dokładność, oraz skracającego czas diagnostyki. W skład stanowiska wchodzą: kamera, znaczniki pozycji, komputer klasy PC wyposażony w kartę akwizycji obrazu, karta wejść/wyjść cyfrowych oraz dedykowana aplikacja komputerowa. Ponadto układ pomiarowy powinien być wyposażony w element ograniczający ruch odbieraka w zakresie roboczym. Schemat blokowy stanowiska przedstawiono na rysunku 14.



Rys. 14. Stanowisko do diagnostyki wizyjnej napędu głównego odbieraków prądu

Przyjęta metoda pomiarowa polega na tym, że w czasie badania rejestrowany jest ruch odbieraka za pomocą kamery. Pobrany obraz analizowany jest pod kątem istnienia w nim wcześniej zdefiniowanych elementów charakterystycznych, którymi są znaczniki pozycji oraz szczególny znacznik, jakim jest otwór konstrukcyjny ślizgacza. Elementy te są wyszukiwane w obrazie w celu wyznaczenia odległości między nimi. Wraz z ruchem odbieraka prądu, odległość ta ulega zmianie. Na tej podstawie można określić czasy odłączania się ślizgacza od przewodu jezdnego, czas opuszczania oraz czas podnoszenia. Przykładowy, zarejestrowany podczas badania, obraz wraz z zaznaczonymi charakterystycznymi elementami wykorzystywanymi do analizy ruchu odbieraka przedstawiono na rysunku 15.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 15. Przykładowy analizowany obraz, gdzie: 1 – obszary poszukiwania charakterystycznych elementów obrazu, 2 – odnalezione elementy charakterystyczne; u góry znacznik pozycji, na dole otwór konstrukcyjny ślizgacza, 3 – odległość między zidentyfikowanymi elementami

Norma PN-K-91001:1997 w zakresie metod sprawdzenia działania napędu powietrznego wymaga zbadania, czy pantograf porusza się w sposób płynny, opada w sposób łagodny na gumowych odbojach oraz łagodnie dochodzi do przewodu jezdnego. Zalecane jest to poprzez pięciokrotne powtórzenie cykli czynności mechanicznych za pomocą napędu powietrznego przy ciśnieniu znamionowym i skrajnych wartościach ciśnienia poprzez obserwację ruchu pionowego odbieraka [1]. Ze swej natury sprawdzenie takie jest silnie zależne od subiektywnej oceny osoby wykonującej pomiary. Przyjęta metoda wizyjna pozwala na uzyskanie wykresów zmian wysokości uniesienia odbieraka w funkcji czasu, co dotychczas było nieosiągalne. Uzyskiwane tym sposobem wyniki są znaczenie dokładniejsze od wymaganych i powtarzalne, zatem stanowią obiektywne źródło informacji diagnostycznej.

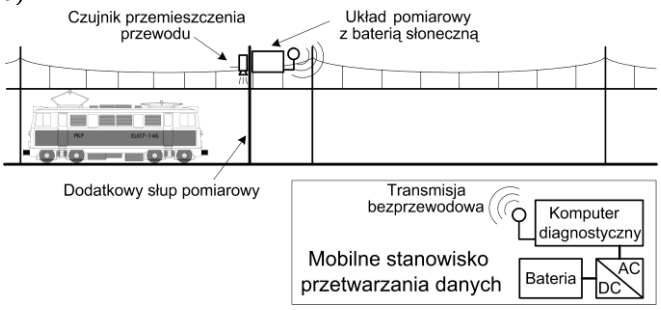
Badania w warunkach laboratoryjnych oraz eksploatacyjnych potwierdziły skuteczność działania układu. Błąd pomiaru czasu max. 0,2 s okazał się być ponad dwukrotnie mniejszy od dopuszczalnego przez normę. Zastosowanie metody wizyjnej pozwala na nieinwazyjny pomiar. Nie jest wymagany montaż żadnych urządzeń ani na lokomotywie ani na samym odbieraku.

4. MONITORING DYNAMICZNEGO ODDZIAŁYWANIA ODBIERAKA PRĄDU NA SIEĆ TRAKCYJNĄ W WARUNKACH RUCHOWYCH

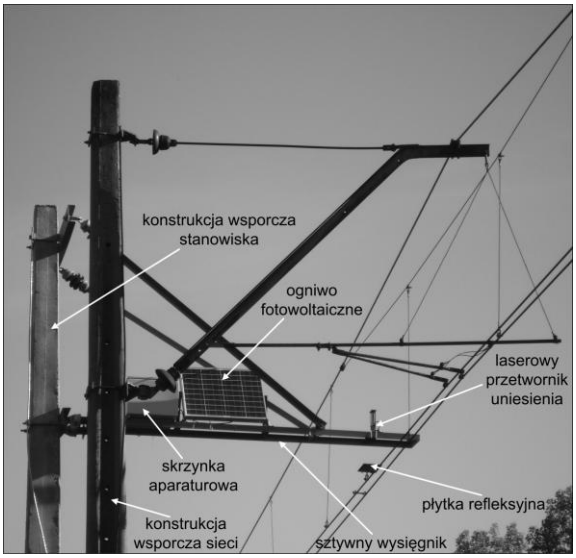
Opracowany układ monitoringu odbieraków prądu pozwala wykryć ich niesprawność w warunkach ruchowych na linii kolejowej. Odbierak prądu przemieszczającego się pojazdu działa z pewną siłą na sieć jezdną. Efektem tego oddziaływania jest uniesienie przewodu jezdnego w stosunku do jego położenia spoczynkowego. Stopień wypierania przewodu zależy od szeregu czynników, m.in.: typu zastosowanej sieci jezdnej i jej stanu technicznego, typu odbieraka prądu i jego stanu technicznego oraz prędkości pojazdu. W uproszczeniu można stwierdzić, że wartość uniesienia przewodu jezdnego wskutek przejazdu pojazdu zależy od elastyczności sieci jezdnej i siły docisku odbieraka. Siła docisku zależy m.in. od charakterystyki statycznej i sił dynamicznych. Traktując takie czynniki jak: typ sieci, model odbieraka i prędkość pojazdu jako stałe lub znane, można przyjąć, że uniesienie przewodu jest funkcją stanu technicznego odbieraka. Na podstawie obserwacji stopnia i charakteru wypierania przewodu jezdnego przez odbierak, możliwe jest zatem określenie jego sprawności technicznej. Przeprowadzone badania symulacyjne, oparte na modelu matematycznym dynamicznych oddziaływań w układzie sieć-odbierak, w pełni potwierdziły tę tezę [7]. Wynika z nich m.in., że drgania samej sieci w małym stopniu wpływają na wartość maksymalną uniesienia przewodu – jest to uniesienie (względem położenia spoczynkowego tzn. bez obecności pojazdu) w chwili, gdy odbierak jest dokładnie w miejscu pomiaru. Przyjęto zatem ten parametr za najbardziej miarodajne kryterium oceny odbieraka, przy czym granice pasma wartości dopuszczalnych zależne są także od prędkości pojazdu. Badano przebiegi uniesienia dla różnych wartości parametrów: tłumienia, sprężystości i sił tarcia w elementach konstrukcyjnych odbieraka. W przypadku zwiększenia siły tarcia znacząco maleje wartość uniesienia przewodu. Przy zmniejszonym tłumieniu rośnie amplituda drgań przewodu.

Schemat funkcjonalny stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 16a, zaś widok jego części pomiarowo-rejestrującej podczas badań terenowych – na rysunku 16b.

a)



b)



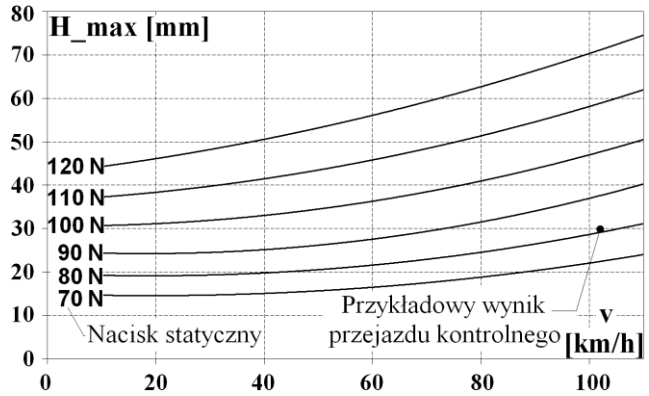
Rys. 16. Eksperymentalne stanowisko monitoringu odbieraków prądu: a) schemat funkcjonalny, b) widok części pomiarowej w terenie

Stanowisko składa się z dwóch zespołów: układu pomiarowo-rejestrującego oraz zespołu odbiorczo-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

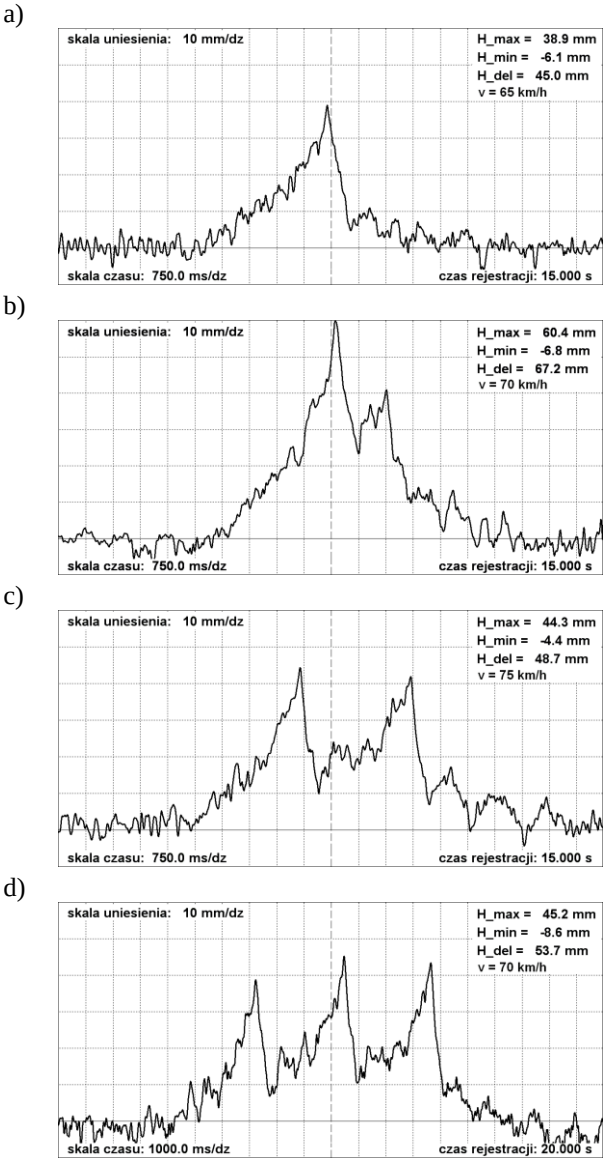
przetwarzającego, czyli komputera z anteną do bezprzewodowej transmisji danych, którego zadaniem jest analiza danych. Zespół pomiarowo-rejestrujący umieszczono na dodatkowej konstrukcji wsporczej w pobliżu zawieszenia sieci jezdnej. Ze względu na wysokie napięcie sieci jezdnej układ wyposażono w autonomiczne zasilanie – ogniwo fotowoltaiczne i zestaw akumulatorów z przetwornicą – i bezprzewodową transmisję danych. Wszystkie elementy umieszczone są na konstrukcji, złożonej z wysięgnika zamocowanego poprzez izolatory do słupa. Do wysięgnika przymocowana jest skrzynia z wielokanałowym rejestratorem cyfrowym i układami zasilającymi, antena do bezprzewodowej transmisji danych w standardzie WLAN (ang. Wireless Local Area Network) oraz wspornik do mocowania przetwornika pomiarowego – laserowego przetwornika przemieszczenia. Przetwornik mierzy odległość do płytki refleksyjnej, zamocowanej na przewodzie jezdnym. Zespół odbiorczo-przetwarzający ma charakter mobilny – może być umieszczony w dowolnym pomieszczeniu, zapewniającym niezakłócony odbiór danych; składa się on z punktu dostępowego sieci WLAN oraz zestawu komputerowego do analizy i wizualizacji zebranych danych.

Dla miarodajnej oceny stanu technicznego odbieraków konieczne było przeprowadzenie skalowania układu pomiarowego. Posłużono się lokomotywą o odpowiednio wyregulowanych odbierakach, każdy o innej ściśle określonej wartości statycznej siły nacisku odbieraka. Dla każdego odbieraka dokonano kilku przejazdów przez stanowisko z różnymi prędkościami jazdy, rejestrując przebiegi uniesienia sieci. Skalowanie pozwoliło na określenie zależności maksymalnego uniesienia przewodu jezdnego od prędkości i siły statycznej odbieraka. Na podstawie wyników pomiarów i ich aproksymacji uzyskano wykresy przedstawione na rysunku 17. Wyznaczone krzywe obejmują zakres spodziewanych wartości sił statycznych dla stosowanych powszechnie w taborze PKP odbieraków AKP-4E i 5ZL.



Rys. 17. Charakterystyki uniesienia przewodu jezdnego w zależności od siły statycznej odbieraka i prędkości pojazdu

W okresie kilku miesięcy prowadzono pomiary dla pojazdów obsługujących normalny ruch rozkładowy. Prędkość pojazdu szacowano na podstawie analizy przebiegu uniesienia przewodu. Rysunek 18 przedstawia typowe przebiegi uniesienia przewodu podczas przejazdu pociągów z poprawnie wyregulowaną siłą nacisku odbieraków. Dla lokomotywy z jednym uniesionym odbierakiem (rys. 18a) ocena jego oddziaływania na przewód jezdny może być zrealizowana bezpośrednio w oparciu o wyznaczone w procesie skalowania strefy graniczne. W przypadku pociągu złożonego z zespołów trakcyjnych EN57 (rys. 18c, d) kryteria te będą nadal właściwe, gdyż w obszarze przęsła zawieszenia sieci, na którym umieszczono układ pomiaru uniesienia przewodu, znajduje się zawsze tylko jeden aktywny odbierak. Wpływ na wartość uniesienia innych odbieraków w składzie pociągu, znajdujących się poza sąsiadującymi z miejscem pomiaru punktami podwieszenia, jest minimalny, również dzięki usztywniającemu działaniu punktów podwieszenia. Dla lokomotywy dwuczłonowej z dwoma uniesionymi odbierakami, znajdującymi się w niewielkiej odległości od siebie (rys. 18b) uzyskuje się większe uniesienie przewodu przy przejeździe przez punkt pomiarowy pierwszego odbieraka. Drugi odbierak znajduje się wówczas na tym samym przęśle zawieszenia, zatem ich oddziaływanie częściowo się sumuje. Umiejscowienie stanowiska sprawia, że w momencie, gdy drugi odbierak znajduje się pod punktem pomiarowym, pierwszy jest już na sąsiednim przęśle zawieszenia, zatem wpływ jego oddziaływania jest znacznie zmniejszony.



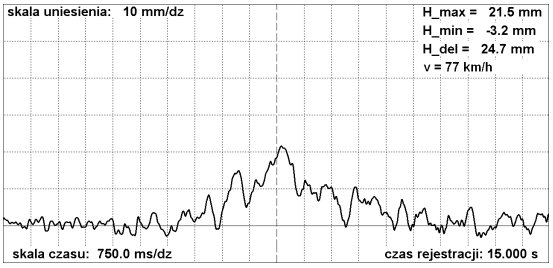
Rys. 18. Typowe przebiegi uniesienia przewodu przy prawidłowo wyregulowanych odbierakach: a) pociąg z lokomotywą jednoczłonową serii 181, b) pociąg z lokomotywą dwuczłonową serii ET40; c) dwa zespoły trakcyjne EN57, d) trzy zespoły trakcyjne EN57

Stosunkowo często rejestrowano przebiegi uniesienia przewodu wskazujące na niewłaściwie wyregulowany nacisk statyczny odbieraka – obserwowano zarówno małe wartości maksymalne uniesienia przewodu, wskazujące na zbyt niską wartość siły nacisku, jak i nadmiernie duże uniesienie. Na

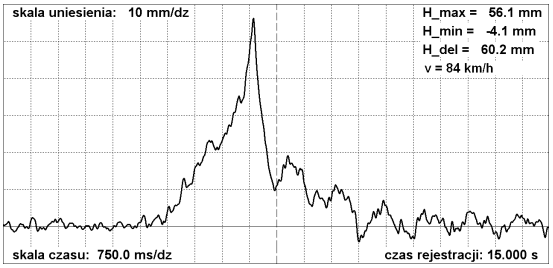
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

rysunku 19 przedstawiono przykłady rejestracji takich odbieraków w ruchu liniowym na sieci. Obydwa dotyczą tego samego typu lokomotywy i odbieraka i zarejestrowane zostały przy zbliżonej prędkości jazdy.

a)

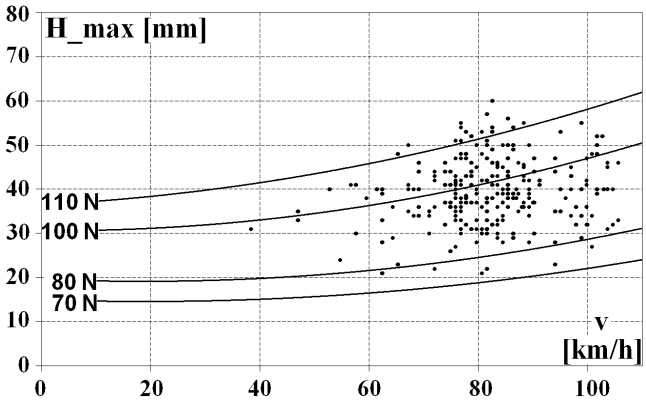


b)



Rys. 19. Przebiegi uniesienia przewodu jezdnego przy źle wyregulowanych odbierakach dla lokomotyw serii EP07 przy prędkości ok. 80 km/h: a) zbyt mały nacisk, b) zbyt duży nacisk

Na rysunku 20 przedstawiono zbiorcze wyniki dla zarejestrowanych kilkuset odbieraków, przy czym każdy wynik jest reprezentowany na wykresie jako punkt, którego współrzędne odpowiadają wartości prędkości ruchu i zmierzonego maksymalnego uniesienia przewodu jezdnego. Ze względu na zbieżność wyników, niektóre punkty wskazują wartości dla kilku różnych odbieraków. Punkty te naniesiono na wyznaczony wcześniej obszar wartości normatywnych. Przyjmując nawet bardzo poszerzony względem norm – ze względu na ograniczone możliwości weryfikacji dokładności przyjętej metody pomiaru – zakres pasma dozwolonego, ograniczony liniami odpowiadającymi wartościom nacisku 70 N i 110 N, uzyskano ok. 7% udział wyników niemieszczących się w tej strefie. Odbieraki te kwalifikowały się do naprawy lub regulacji. W większości przypadków stwierdzono nadmierną siłę nacisku.



Rys. 20. Zbiorcze zestawienie wyników monitoringu

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawione w artykule wyniki eksperymentalnych prac badawczych i rozwiązań wdrożonych w PKP pozwalają na stwierdzenie, że nowoczesne w pełni automatyczne i skomputeryzowane systemy diagnostyki sieci i odbieraków prądu są bardzo użyteczne w praktyce eksploatacyjnej [17]. Główną ich zaletą jest to, że umożliwiają kontrolę stanu technicznego urządzeń ze znacznie większą częstotliwością i przy znacznie mniejszym koszcie w stosunku do metod tradycyjnych. Zwiększa to prawdopodobieństwo wykrycia uszkodzenia lub znacznego rozregulowania układu, zanim spowoduje ono poważniejsze następstwa. Inne zarządy kolejowe także rozwijają diagnostykę techniczną, np. [13, 18].

Analizując kolejne wyniki badań konkretnej lokomotywy, możemy często zaobserwować postępujące zmiany parametrów odbieraków prądu. Badanie odbieraków prądu w warunkach lokomotywowni obecnie przeprowadza się w praktyce co ok. 25 dni. Zastosowanie terenowego stanowiska do diagnostyki technicznej odbieraków prądu umożliwia przeprowadzenie badań przed każdym wyjazdem lokomotywy do pociągu, a zatem znacznie częstsze niż dotychczas sprawdzanie nacisków i charakterystyki pantografu. Gwarantuje to, że na szlak nie wyjedzie lokomotywa z niesprawnym pantografem. Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne wskazują także na wymierne korzyści ekonomiczne – poprzez zmniejszenie awaryjności maszyn elektrycznych. Przedstawione stanowisko do diagnostyki technicznej odbieraków prądu nie zastępuje całkowicie stanowiska ręcznego w lokomotywowni, gdyż trudno byłoby organizować pracę umożliwiającą regulację pantografu na stanowisku terenowym, choćby ze względu na konieczność wyłączenie napięcia w sieci i na warunki atmosferyczne.

Awarie powstałe z powodu niewłaściwego utrzymania sieci mogą mieć poważne skutki techniczne, ruchowe, osobowe i finansowe. Przykładowo:

- zbyt duży odsuw sieci jezdnej lub niewłaściwe rozjazdy mogą doprowadzić (przy pewnej prędkości pojazdu) do wejścia sieci pod odbierak prądu i – w efekcie końcowym – do zerwania sieci i uszkodzenia odbieraka,
- niewłaściwe profilowanie sieci prowadzi do udarów, przerw stykowych, łuku elektrycznego i – w efekcie końcowym – do upalenia sieci i uszkodzenia nakładek ślizgowych na odbieraku,
- zbyt mała wysokość zawieszenia sieci może spowodować awarię.

Wszystkie wymienione wady techniczne sieci są wykrywane przez system DST. Świadomość tego faktu wśród służb technicznych PKP Energetyka S.A. powoduje, że wagony pomiarowe pracują niemal w trybie ciągłym. Podczas wieloletniej eksploatacji pozwoliły one wykryć szereg przypadków niewłaściwej regulacji sieci [4, 14].

Przeprowadzone badania doświadczalnego stanowiska monitoringu odbieraków wykazały, że przypadki niewłaściwej regulacji odbieraków prądu nadal często występują w ruchu kolejowym. Opracowane stanowisko umożliwia wykrycie pojazdu z niesprawnym odbierakiem prądu, również w sytuacji, gdy uszkodzenie nastąpiło już po wyjeździe z lokomotywowni. Wdrożenie systemu monitoringu umożliwiłoby zwiększenie poziomu bezpieczeństwa w ruchu kolejowym i – pośrednio – obniżenie kosztów eksploatacji taboru i sieci trakcyjnej. Zdaje sobie z tego sprawę zarządca narodowej sieci kolejowej – PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Podjął on decyzję o wdrożeniu tego stanowiska, które jest obecnie w trakcie realizacji. W wersji użytkowej zostanie ono doposażone w system wykrywania, identyfikacji i pomiaru prędkości pojazdu, co pozwoli na całkowicie automatyczną i niemal bezobsługową pracę stanowiska w trybie ciągłym.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

6. BIBLIOGRAFIA

1. Siemiński T., Jarosz T.: Odbieraki prądu i ich współpraca z siecią jezdną. WKŁ, Warszawa 1989, ISBN 83-206-0895-3.
2. Kießling F., Puschmann R., Schmieder A.: Contact lines for electric railways. Siemens, Publicis, Munich 2001, ISBN 3-89578-152-5.
3. Giętkowski Z., Karwowski K., Mizan M., Pazdro P.: Review of Research and Development on the Technical Diagnostics in the Field of Electric Traction. Pomiary Automatyka Kontrola - Vol. 49, nr 12 (2003), s. 66-70, ISSN 0032-4110.
4. Giętkowski Z., Karwowski K., Mizan M.: Diagnostyka sieci trakcyjnej. Gdańsk: Wydaw. PG, 2009 / Biblioteka Cyfrowa Politechniki Gdańskiej, ISBN 978-83-7348-294-4.
5. Pazdro P., Karwowski K., Leman S., Mizan M., Reducha W.: Terenowe stanowisko pomiarowe do diagnostyki technicznej odbieraków prądu. Technika Transportu Szynowego - nr 3/2008, s. 44-49, ISSN 1232-3829.
6. Karwowski K., Mizan M.: Technical diagnostics and monitoring of traction current collectors. W: Modern Electric Traction: Power Supply / Eds. K. Karwowski, A. Szeląg. Gdańsk University of Technology, 2009, s. 151-167, ISBN 83-911669-7-X.
7. Karwowski K., Mizan M.: Monitoring parametrów technicznych odbieraków prądu w warunkach ruchowych na linii kolejowej. Pomiary Automatyka Kontrola - Vol. 55, nr 12 (2009), s. 1012-1016, ISSN 0032-4110.
8. Karwowski K., Mizan M., Skibicki J., Pazdro P.: Technika pomiarowa dla monitoringu dynamicznego oddziaływania odbieraka prądu w warunkach eksploatacyjnych. XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej i V Szkoła Kompatybilności Elektromagnetycznej w Transporcie SEMTRAK 2008, Zakopane, październik 2008. Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej. Kraków 2008, s. 69-76, ISBN 83-86219-46-7.
9. Karwowski K., Mizan M., Skibicki J., Pazdro P.: Badania eksperymentalne przy wykorzystaniu układu monitoringu dynamicznego oddziaływania odbieraka prądu na sieć trakcyjną. XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa Trakcji Elektrycznej i V Szkoła Kompatybilności Elektromagnetycznej w Transporcie SEMTRAK 2008, Zakopane, październik 2008. Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej. Kraków 2008, s. 61-68, ISBN 83-86219-46-7.
10. Karwowski K., Pazdro P.: Operational technical diagnostics of current collectors. ZEV+DET Glas. Ann. 9/10 Sept. 2001, s. 380-383, ISSN 0941-0589.
11. Pazdro P., Mizan M., Skibicki J.: Diagnostyka techniczna zawieszenia ślizgacza trakcyjnego odbieraka prądu. Pomiary Automatyka Kontrola - Vol. 53, nr 4 (2007), s. 56-59, ISSN 0032-4110.
12. Judek S., Sawczuk M., Więckiewicz D.: Wizyjny system pomiaru wybranych parametrów odbieraków prądu. Technika Transportu Szynowego - nr 3/2010, s. 61-64, ISSN 1232-3829.
13. Ergebnisse der Inbetriebnahmemessungen. EB 108 (2010) Heft 4, ISSN 0013-5437.
14. Kaleta J., Herman M.: Doświadczenia z eksploatacji mikrokomputerowego systemu diagnostyki sieci trakcyjnej - DST. Technika Transportu Szynowego 7/1996, ISSN 1232-3829.
15. Pr. zbiorowa: Elektryfikacja PKP na przełomie wieków XX i XXI. W siedemdziesiątą rocznicę elektryfikacji PKP. Warszawa: Z. P. Poligrafia 2006. ISBN 978-83-922944-6-7
16. Standardy techniczne – dla linii kolejowych do 200-250 km/h. Warszawa: CNTK, 2002.
17. Infrator. Biuletyn informacyjny PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. 4/2010 (XLVII)
18. The lates High-tech Innovarions. High–definition Digital Pantograph Monitoring System. http://www.micronova.it/Pag-Assemblata-IT.htm

TECHNICAL DIAGNOSTICS AND MONITORING OF CURRENT COLLECTION FROM TRACTION OVERHEAD NETWORK

Key-words: current collector, overhead network, technical diagnostics

The evaluation methods of the technical condition of rolling stock current collectors and of electric traction overhead network are presented in this paper. The diagnostics of overhead lines is realized at present by the Polish Railways using an integrated system containing test cars and local data processing stations. The method of automatic measurement of the pantograph static force characteristic, realized when the vehicle runs through the test section of the track with especially prepared overhead line height distribution, has been practically implemented by the Polish Railways. The method of testing the slipper spring suspension is based on the analysis of overhead line oscillation excited by the external stroke; the vibration is measured in the contact point of the line and slipper. This method has been verified experimentally. Test bench for vision diagnostic of pantograph based on measurements of time of its raising and lowering, and time to disconnect the contact slider is described. Monitoring method of current collectors in normal traffic conditions has been proposed for detection of pantographs failures, which take place on the track. Its principle is the registration and analysis of contact wire uplift waveform at the time when each train passes the point of measurement.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl